

RESEARCH

Manfred Scharthl
Julia Maria Erber-Schropp *Hrsg.*

Chancen und Risiken der modernen Biotechnologie

WISSENSWERT

SK-Stiftung CSC –
Cologne Science Center



Springer Spektrum

Chancen und Risiken der modernen Biotechnologie

Manfred Scharl
Julia Maria Erber-Schropp (Hrsg.)

Chancen und Risiken der modernen Biotechnologie

 Springer Spektrum

Herausgeber

Manfred Schartl
Universität Würzburg, Deutschland

Julia Maria Erber-Schropp
SK-Stiftung CSC – Cologne
Science Center
Köln, Deutschland

Gedruckt mit freundlicher Unterstützung der Fritz Thyssen Stiftung, Köln, Deutschland



ISBN 978-3-658-04235-6

ISBN 978-3-658-04236-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-658-04236-3

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.springer-spektrum.de

Vorwort

Die Aufsätze in diesem Band fassen die Ergebnisse von vier Fachsymposien zu dem Themenkomplex „Wie aktuelle Entwicklungen der Biogenetik unsere Welt verändern können“ zusammen, die von der SK-Stiftung CSC – Cologne Science Center in Kooperation mit der Fritz Thyssen Stiftung von November 2011 bis Oktober 2012 durchgeführt wurden.

Die Thematik dieses Bandes, die moderne Biotechnologie, ist nicht nur aufgrund der rasanten Entwicklungen dessen, was technisch möglich ist, von Interesse, sondern insbesondere auch wegen der Frage, was diese Entwicklungen für jeden Einzelnen von uns konkret bedeuten. Wie könnten diese Fortschritte der Wissenschaft unsere Welt und damit unser Leben in Zukunft verändern? Der Eingriff in die DNA, in den „Bauplan des Lebens“, und die Möglichkeiten, die sich daraus in wissenschaftlicher, medizinischer und industrieller Hinsicht ergeben, sind faszinierend – aber sie rufen bei vielen auch Fragen und Ängste hervor. Einerseits geben der Einblick in die DNA und die Erkenntnisse Hoffnung auf neue Therapieansätze und Heilungsmethoden, andererseits führt der Eingriff in das Erbgut auch immer wieder zu heftiger Kritik und kontroversen Diskussionen.

Information und Kommunikation sind daher wichtige Elemente von Wissenschaft und Forschung. Insbesondere bei Themen, die nicht nur fachliche, sondern auch ethische Fragen aufwerfen, ist ein Dialog unerlässlich – und zwar sowohl der Dialog der Experten untereinander als auch der Dialog zwischen Experten und Öffentlichkeit. Gerade bei kontrovers diskutierten Forschungsbereichen, wie bspw. der Grünen Gentechnik und der Synthetischen Biologie, stehen Wissenschaftler und Experten zunehmend vor der Frage, welche Beweggründe die öffentliche Meinung beeinflussen und wie Wissenschaftskommunikation gelingen kann.

Eines der Ziele der SK-Stiftung CSC – Cologne Science Center ist daher, den Dialog zwischen Wissenschaftlern, Experten und der interessierten Öffentlich-

keit zu ermöglichen und zu fördern. Die Stiftungszwecke dieser gemeinnützigen Stiftung umfassen die *Förderung von Erziehung und Bildung* und die *Vermittlung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse*. Diese Ziele werden durch verschiedene Initiativen und Projekte wie bspw. die Veranstaltung von wissenschaftlichen Symposien erreicht. Da Wissenschaftsförderung auch besonders der Nachwuchsförderung und der Kommunikation mit der Öffentlichkeit bedarf, wurden die Fachsymposien durch zwei weitere Formate zu einer dreigliedrigen Veranstaltung ausgebaut: zum einen durch Schülersymposien und zum anderen durch öffentliche Podiumsdiskussionen.

Zur Realisierung von vier Veranstaltungen zu aktuellen Entwicklungen in den modernen Biotechnologien konnte erneut die Fritz Thyssen Stiftung für eine Kooperation gewonnen werden. Diese Stiftung ist der größte private Förderer der Wissenschaft und insbesondere des wissenschaftlichen Nachwuchses in Köln. Ohne ihr Engagement und ihre Unterstützung wären diese Veranstaltungen und auch diese Publikation so nicht möglich gewesen. Jedes Fachsymposium wurde zudem gemeinsam mit einer wissenschaftlichen Kooperationspartnerin bzw. einem Kooperationspartner konzipiert und durchgeführt. Unseren wissenschaftlichen KooperationspartnerInnen und deren KoautorInnen verdanken wir auch diese Beiträge. Sie geben einen differenzierten Einblick in die spannenden Diskussionen der verschiedenen Fachsymposien. Zusammen bieten sie einen aktuellen und fundierten Überblick über wichtige, zukunftsweisende und teilweise auch kontroverse Themen der modernen Biotechnologien.

Für den Bereich „Sequenzierung des Erbgutes“ konnte Prof. Dr. Peter Propping von der Universität Bonn gewonnen werden. Das Thema „Metagenomik“ behandelte Prof. Dr. Willem de Vos von der Universität Wageningen. Die „Synthetische Biologie“ diskutierten Prof. Dr. Sibylle Gaisser von der Hochschule Ansbach und Dr. Thomas Reiß vom Fraunhofer Institut ISI/Karlsruhe. Prof. Dr. Inge Broer von der Universität Rostock, Dr. Stephan Schleissing vom Institut Technik-Theologie-Naturwissenschaften an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Gerd Spelsberg vom Büro i-bio Information Biowissenschaften untersuchten die Debatte um die „Grüne Gentechnik“. Prof. Dr. Manfred Schartl von der Universität Würzburg unterstützte uns bei der Themenfindung für die einzelnen Veranstaltungen und als Mitherausgeber dieser Publikation.

Für die gute Zusammenarbeit gilt unser herzlichster Dank der Fritz Thyssen Stiftung, unserem Mitherausgeber Prof. Dr. Manfred Scharl und natürlich den AutorInnen und KoautorInnen.

Julia Maria Erber-Schropp
Wissenschaftliche Leiterin
SK-Stiftung CSC – Cologne Science Center

Inhalt

Julia Maria Erber-Schropp

Vorwort..... V

Manfred Scharl

Einführung 1

Peter Propping

Wenn die Aufklärung des persönlichen Genoms Wirklichkeit wird:
Eine Einführung für die nächste Generation 11

Carolin A. Kolmeder/Willem M. de Vos

Darmmikrobiota: Kleine Organismen – große Wirkung 53

Sibylle Gaisser/Thomas Reiß

Synthetische Biologie im Spannungsfeld von Forschung, Gesellschaft
und Wirtschaft – Von der Notwendigkeit eines interdisziplinären und
ergebnisoffenen Dialogs 69

Inge Broer/Stephan Schleissing/Gerd Spelsberg

Natur verbessern? Der Konflikt um die Grüne Gentechnik und der Einfluss
gesellschaftlicher Naturbilder..... 91

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Glossar | 125 |
| HerausgeberInnen und AutorInnen..... | 133 |

Einführung

Manfred Scharl

Die Entschlüsselung des genetischen Codes hat die Biologie und die Medizin in ähnlicher Weise revolutioniert und ihre weitere Entwicklung beeinflusst wie die Erfindung des Siliziumchips die Elektronik. Was aber die Reaktionen der Gesellschaft auf diese Innovationen betrifft, die im gleichen Zeitraum mehr oder weniger parallel zur Anwendung kamen, unterscheiden sich diese immens. Der Computer und in seinem Gefolge das Internet und die modernen Kommunikationsmedien, wie E-Mail und Smartphone, haben unser Privatleben, unser Sozialleben, die Produktionswirtschaft, das Bankengeschäft – einfach alles, was unsere Nicht-Natur-Umwelt ausmacht – verändert. Vieles ist dadurch besser, einfacher und schöner geworden, aber auch die negativen Folgen werden immer offener, wie z. B. die Massenbespitzelung ganzer Bevölkerungen durch staatliche Geheimdienste, die oft selbstgewollte Aufgabe des Persönlichkeitsrechts der Privatsphäre, soziale Verarmung, „Internetsucht“ als neue Krankheit oder „Internetkriminalität“ als neues Rechtsdelikt. Trotz allem wurde und wird die von der Erfindung des Computerchips ausgehende Entwicklung eindeutig und überwiegend positiv bewertet und eine Diskussion der Risiken der neuen Technologien hat kein Verantwortlicher, weder die Wissenschaftler und Ingenieure noch Politiker oder selbsternannte Bedenkenräger, je gefordert oder für nötig erachtet. Problemlösungsstrategien werden zwar jetzt erwogen, sind aber retrospektiv.

Ganz anders verhält es sich mit den Anwendungen der modernen Genetik, die Erbanlagen zu entschlüsseln, zu verstehen und gezielt zu verändern. Bereits 1975, als man gerade begann, mit einfachsten Werkzeugen und größtem Aufwand die ersten subtilen Veränderungen an Genen von nur im Labor existenzfähigen Bakterien vorzunehmen, und lange bevor die Öffentlichkeit von der neuen Wissenschaft überhaupt Notiz nahm, trafen sich die damals führenden

Forscher auf einer denkwürdigen Konferenz im kalifornischen Asilomar, um sich selbst Sicherheitsrichtlinien für den Umgang mit den neuen Techniken aufzulegen; Richtlinien, die übrigens bis heute noch Gültigkeit besitzen und bemerkenswerterweise auch in keinem Falle versagt haben. Im Gegensatz zur Computertechnologie wurden die Gendiagnostik und die Gentechnik von Anfang an mit großem Argwohn von Politik und Öffentlichkeit und nicht zuletzt den Medien beobachtet. Schreckensszenarien über die Risiken, die sich in ihrer Absurdität eigentlich selbst hätten entlarven sollen, wurden von verschiedenen Interessengruppen kolportiert und als Rechtfertigung für einen Sturm gegen die modernen genetischen Techniken eingesetzt. Besonnene Politiker reagierten mit Untersuchungskommissionen, wie der vom Bundestag eingesetzten „Enquete-kommission zu Gentechnik“, Vorschriften und Gesetzen zur Reglementierung der Forschung und Anwendung und zum Schutze der Bevölkerung vor jedem erdenklichen Risiko. Viele mit der Gentechnik befasste Wissenschaftler haben in einem bis heute andauernden Prozess versucht, sachlich zu informieren, aufzuklären und tatsächlichen Nutzen und mögliche Risiken vorzustellen und zu bewerten. Trotzdem haftet der modernen Genetik und ihrer Anwendung in der Medizin und Biotechnologie bis heute ein erstaunlich negatives Image an und ihre Gegner werden nicht müde, mit generellen Verbotsforderungen zum Ende dieser Technologie und des gesamten Wissenschaftszweiges aufzurufen. Demgegenüber werden die tatsächlichen Chancen der modernen Genetik, wie bspw. den schlimmsten und weitverbreitetsten Krankheiten wirksamer Einhalt zu gebieten oder dem Welthungerproblem besser Herr zu werden, in der Öffentlichkeit kaum diskutiert. Außerdem sind die heraufbeschworenen Schrecken, Gefahren und Unfälle ausgeblieben und die tatsächlichen Risiken, die jede neue Technologie mit sich bringt, gut bekannt und damit beherrschbar geworden.

Warum dieser Gegensatz in der Bewertung und vor allem in dem Bedürfnis unserer Gesellschaft nach Aufklärung, Nutzen-Risiko-Abwägung, ethischer Bewertung usw. zwischen der Computertechnologie und der Gentechnologie besteht, ist sicher eine spannende Frage, die hier aber nicht untersucht werden soll. Die Absicht dieser Publikation ist, trotz der nur eingeschränkten positiven Wirkung des bisherigen Diskurses zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit über die Möglichkeiten, Heilsversprechungen, Herausforderungen und Schre-

ckensbilder der Anwendung von Gendiagnostik und Gentechnik diesen fortzusetzen, dabei aus Fehlern der Vergangenheit zu lernen und mit fundierten Informationen den Lesern eine Basis für die eigene Meinungsbildung zu bieten.

Da es nicht, wie mehrfach gefordert, zu einem Verbot gentechnischer Forschung in Deutschland kam (was übrigens bei der durchaus positiven Bewertung der Gentechnik in anderen Ländern natürlich nichts verhindert hätte, sondern nur unsere Forschung und Wirtschaft im weltweiten Wettbewerb weiter zurückgeworfen hätte) und obwohl erst kürzlich wieder in populistischer Weise ein ganzes Bundesland zur „Gentechnik-freien Zone“ erklärt wurde [1], hat sich dennoch die moderne Genetik weiterentwickelt. Technologische Neuerungen führten zu einem Quantensprung in der DNA-Sequenzierung, so dass heute Gendaten mit höchster Genauigkeit in geradezu phantastisch anmutender Geschwindigkeit in großer Menge bei relativ geringen Kosten erstellt werden können. Die Bioinformatik liefert die nötigen Werkzeuge zur Interpretation dieser Daten. Auf dieser Basis werden umfangreiche Studien an vielen Individuen – Menschen, Tiere, Pflanzen – möglich, die uns mehr über das verraten, was in den Genen festgelegt ist. Andere Entwicklungen erlauben es immer präziser und gezielter genetische Veränderungen vorzunehmen. Somit ergeben sich neue oder erweiterte Anwendungsmöglichkeiten, aber auch neue Herausforderungen und insbesondere Erklärungs- und Aufklärungsbedarf. Es gilt also nicht nur den Diskurs über die Gentechnik weiterzuführen, sondern auch diesen neuen Dimensionen gerecht zu werden, in einer Zeit, in der immerhin die medizinische Anwendung von der Mehrheit der Bevölkerung als unumgänglich oder sogar wünschenswert betrachtet wird. Ein wichtiger Aspekt ist dabei, dass die Fachleute, die objektiv über die Chancen und Risiken Auskunft geben können und dies in der Vergangenheit auch bereitwillig getan haben, Naturwissenschaftler sind. Darüber hinaus haben sie aber nur in wenigen Fällen die Expertise in all den anderen Disziplinen, die notwendig sind, um der Vielschichtigkeit der Probleme, die in dem gesellschaftlichen Diskurs über die moderne Genetik zutage treten, gerecht zu werden. Vor diesem Hintergrund hat die SK-Stiftung CSC – Cologne Science Center mit großzügiger Unterstützung der Fritz Thyssen Stiftung vier Expertengespräche zu einzelnen Bereichen der modernen Genetik durchgeführt. Dabei kamen Naturwissenschaftler, Ärzte, Kommunikationswis-

senschaftler, Soziologen, Journalisten, Experten aus Wirtschaft und Industrie, Pädagogen, Philosophen, Ethiker und Theologen – Befürworter wie Kritiker – zusammen. Mit diesem Buch sollen die Ergebnisse der Gespräche dem Fachpublikum, aber auch einer interessierten, breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Der erste Aufsatz („Wenn die Aufklärung des persönlichen Genoms Wirklichkeit wird: Eine Einführung für die nächste Generation“) ist der Gendiagnostik gewidmet. Aufgrund intensiver Forschungsarbeiten weltweit verfügen wir über ein immer besser werdendes Verständnis der häufigsten, aber auch seltener Erkrankungen, die in unseren Genen verankert sind. Dies betrifft nicht nur die klassischen Erbkrankheiten, die wir früher strikt von den durch „Umwelt- und Lebensgewohnheiten bedingten“ Krankheiten unterschieden haben. Wir lernen, wie unser Erbgut z. B. mit schädlichen Umwelteinflüssen, schlechten Lebensbedingungen oder falscher Ernährung bei der Entstehung vieler Erkrankungen zusammenwirkt und wesentlichen Anteil daran hat, ob eine Person eine der weitverbreiteten Volkskrankheiten, wie hohen Blutdruck, Diabetes oder Neurodermitis entwickeln wird. Mit den rasant fortschreitenden Weiterentwicklungen der DNA-Sequenzierungstechnologie ist das vor wenigen Jahren noch utopisch anmutende Ziel des „1.000 \$ Genoms“ – der Preis für die Entschlüsselung aller Basen eines Individuums – erreicht, wenn dieses Buch veröffentlicht wird. Damit hat das Zeitalter des „gläsernen Genoms“ und in Folge für die Ärzte die Verfügbarkeit aller Daten für eine patientenorientierte, „personalisierte Medizin“ begonnen. Die Möglichkeiten für die Vermeidung, Früherkennung und Heilung vieler Erkrankungen, einschließlich der weitverbreiteten Volkskrankheiten, sind vielversprechend. Aber auf die Herausforderungen, die diese Datenflut andererseits mit sich bringt, ist unsere Gesellschaft kaum vorbereitet. Wie gehen wir damit um, wenn wir möglicherweise alle zu „gesunden Kranken“ werden? Müssen oder wollen wir wissen, welche gesundheitlichen Gefahren in unseren eigenen Genen liegen? Können Arbeitgeber und Krankenversicherungen, deren Interesse unzweifelhaft vorhanden ist, Zugang zu den Gendaten verlangen? Mit dem Gendiagnostikgesetz ist in Deutschland ein erster Schritt von staatlicher Seite getan, aber reicht das aus? Außerdem geben die Gendaten nicht nur Auskunft über gesundheitliche Probleme, sondern auch über viele andere Eigen-

schaften einer Person. Biometrische Informationen wie z. B. über Augen- und Haarfarbe werden der Kriminalistik nützen. Was aber, wenn wir auch in den Gendaten Informationen über die Begabung zu intellektuellen oder sportlichen Höchstleistungen finden oder sich eine Neigung zu Aggressivität zeigt? Auf der anderen Seite stehen die immer sensibler werdenden Methoden der vorgeburtlichen Gendiagnose bis hin zu genetischen Charakterisierung von Embryonen, bevor sie sich in der Gebärmutter eingenistet haben. Hier reicht das Spannungsfeld vom Wunsch vieler Eltern, ein gesundes Kind zu Welt zu bringen, bis hin zur „Schwangerschaft auf Probe“ und zum „perfekten Idealkind“ im verwerflichen Sinne einer Menschenzüchtung. Diesen Problemen widmet sich der Beitrag von Prof. Dr. Peter Propping. Vorangestellt ist diesem Kapitel eine allgemeinverständliche Einführung in die Grundbegriffe der Genetik von Gregor Mendel, dem Begründer dieser Wissenschaft, bis zur modernen Humangenetik sowie in die molekularen Grundlagen der Gendiagnostik. Das hier vermittelte Wissen gibt dem Leser auch einen guten Einstieg in die folgenden drei Aufsätze.

Die Metagenomik ist ein neues Anwendungsgebiet, welches erst durch die neuen Hochdurchsatztechnologien der DNA-Sequenzierung überhaupt erschlossen werden konnte. Man versteht darunter die gleichzeitige Entschlüsselung, Analyse und Charakterisierung von mehreren vollständigen Genomen. Die Metagenomik erlaubt es z. B., die Erbinformation aller Bakterien, die in 1.000 Liter Meerwasser vorkommen oder die sich in einem 1.000stel Liter Darminhalt befinden, zu bestimmen. Daraus ergeben sich ganz neue Möglichkeiten unseren Körper und unsere Umwelt besser zu verstehen, weil z. B. die Zusammensetzung von mikrobiellen Lebensgemeinschaften umfassend untersucht werden kann. Vieles wird da neu zu entdecken sein, lässt sich doch ein Teil der Mikroben (vielleicht sogar der überwiegende Teil) nicht kultivieren und ist uns deshalb bis heute unbekannt geblieben. Auch für die Medizin bringt die Metagenomik ungeahnte neue Möglichkeiten. Unser Verdauungssystem z. B. kann nur deshalb funktionieren, weil hunderte von verschiedenen Bakterienspezies bei der Aufbereitung und Verdauung unserer Nahrung mitarbeiten. Ist dieses Zusammenspiel zwischen menschlichem Körper und einem ausgewogenen Ökosystem von Darmbakterien gestört, treten Erkrankungen auf, die von leichten Verdauungsstörungen bis hin zu lebensbedrohlichen Zuständen reichen. Der

Metagenomik der Symbionten unseres Körpers wird eine wichtige Aufgabe bei der Weiterentwicklung von Diagnosen und Therapien sein. Die Bedeutung unserer eigenen Mikrobiota ist ein erstaunlich unbekanntes Feld und mancher wird davon bisher nur wenig gehört haben. Deshalb ist diesem Teilgebiet der Humanbiologie und Medizin ein Kapitel gewidmet, in dem die Organisatoren des zweiten Expertengesprächs, Carolin Kolmeder und Prof. Dr. Willem M. de Vos, die Ergebnisse zusammengefasst haben und welches darüber hinaus eine allgemeinverständliche Einführung in die Bedeutung der Mikrobiota beim gesunden Menschen sowie ihre Entgleisung bei Krankheitszuständen darstellt („Darmmikrobiota: Kleine Organismen – große Wirkung“).

Seitdem es gelang, das vollständige Genom eines Bakteriums allein mithilfe von DNA-Syntheseautomaten herzustellen und damit eine „genetisch leere“ Zelle ohne eigene Erbinformation „zum Leben zu erwecken“, wird die Synthetische Biologie von vielen mit besonderem Argwohn betrachtet. Haben hier die Gentechnik und die Biotechnologie eine neue Disziplin hervorgebracht, in welcher der Mensch sich zum Schöpfer von Leben aufspielt? Synthetische Biologen sind Wissenschaftler, die Moleküle, Zellen und Organismen „designen“, um dann biologische Systeme mit neuen Eigenschaften herzustellen, die so in der Natur nicht vorkommen. Insbesondere der zweite Teil dieser Begriffserklärung mutet erschreckend an – und trotzdem ist dies nichts anderes als das, was die Menschheit seit der Erfindung der Landwirtschaft betreibt. Der Mensch hat im Laufe seiner Kulturgeschichte relativ schnell erkannt, dass die Weiterzucht jeweils der Kuh, welche die meiste Milch produziert, irgendwann zu einer Herde führt, die viel mehr und häufiger das gewünschte Produkt liefert, und zwar in einer Weise, wie sie bei den natürlichen Vorfahren der Rinder nicht vorkommt. Kreuzungen von Pflanzenarten lieferten neue, verbesserte Zuchtformen, die dem Menschen dienen, aber als solche nie in der freien Natur gefunden wurden. Die Nutzbarmachung und Veränderung der Natur ist also nichts Neues. Was die Synthetische Biologie besser und schneller kann, ist die Genauigkeit und Zielgerichtetheit, mit der sie Veränderung von Zellen und Organismen vornimmt. Dies hat sie mit der bereits seit Jahrzehnten eingeführten und methodisch ausgereiften klassischen Gentechnik gemeinsam. Allerdings unterscheidet sich die Synthetische Biologie von dieser durch den quantitativen Aspekt: Wäh-